

PC 24830-AM

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-200396

(P2003-200396A)

(43) 公開日 平成15年7月15日 (2003. 7. 15)

(51) Int.Cl.

識別記号

FI

フィート (参考)

B 8 1 C 1/00

B 8 1 C 1/00

C 2 5 D 1/00

3 8 1

C 2 5 D 1/00

3 8 1

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2002-295077 (P2002-295077)

(22) 出願日 平成14年10月8日 (2002. 10. 8)

(31) 優先権主張番号 特願2001-330652 (P2001-330652)

(32) 優先日 平成13年10月29日 (2001. 10. 29)

(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 依田 潤

兵庫県赤穂郡上郡町光都3丁目12番1号

住友電気工業株式会社播磨研究所内

(72) 発明者 平田 嘉裕

兵庫県赤穂郡上郡町光都3丁目12番1号

住友電気工業株式会社播磨研究所内

(74) 代理人 100064748

弁理士 深見 久郎 (外5名)

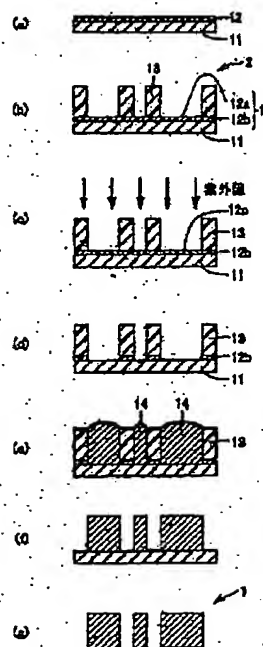
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 金属微細構造体の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 樹脂型を用いた金属微細構造体の製造方法であって、樹脂型のダメージが少ない温和な製造条件を設定することができ、均一な電鍍により精度の高い金属微細構造体を大量に製造する方法を提供する。

【解決手段】 本発明の金属微細構造体の製造方法は、紫外線または可視光線により化学組成が変化する感光性ポリマーを介して、厚さ方向に貫通した空孔部を有する樹脂型を導電性基板上に固定し樹脂型積層体を形成する工程と、樹脂型積層体を紫外線または可視光線により露光する工程と、樹脂型の空孔部に存在する感光後の感光性ポリマーを除去する工程と、樹脂型積層体の空孔部を電鍍により金属で埋める工程とを有することを特徴とする。



(2)

特開2003-200396

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 紫外線または可視光線により化学組成が変化する感光性ポリマを介して、厚さ方向に貫通した空孔部を有する樹脂型を導電性基板上に固定し樹脂型積層体を形成する工程と、
前記樹脂型積層体を紫外線または可視光線により露光する工程と、
前記樹脂型の空孔部に存在する感光後の感光性ポリマを除去する工程と、
前記樹脂型積層体の空孔部を電鍍により金属で埋める工程と、を有する金属微細構造体の製造方法。

【請求項2】 前記樹脂型の空孔部に存在する感光後の感光性ポリマを除去する工程において、未感光の感光性ポリマおよび樹脂型材料に対する溶解度が感光後の感光性ポリマに対する溶解度より小さい溶剤を用いて除去することを特徴とする請求項1記載の金属微細構造体の製造方法。

【請求項3】 前記樹脂型の空孔部に存在する感光後の感光性ポリマを除去する工程において、樹脂型材料に対するエッチング速度が感光後の感光性ポリマに対するエッチング速度より小さいエッチングガスを用いてドライエッチングすることを特徴とする請求項1記載の金属微細構造体の製造方法。

【請求項4】 前記樹脂型は、吸収および反射により前記紫外線または可視光線の95%以上を遮断することを特徴とする請求項1記載の金属微細構造体の製造方法。

【請求項5】 前記樹脂型は、導電性基板上に固定する底面と、該底面の反対側にある天面とのうち、両面または片面が、前記紫外線または可視光線を吸収する材料で覆われていることを特徴とする請求項4記載の金属微細構造体の製造方法。

【請求項6】 前記樹脂型は、前記紫外線または可視光線を吸収する材料を含有することを特徴とする請求項4記載の金属微細構造体の製造方法。

【請求項7】 前記樹脂型の天面は、前記紫外線または可視光線が垂直入射しないように傾斜し、凹凸を有することを特徴とする請求項4記載の金属微細構造体の製造方法。

【請求項8】 前記紫外線は、波長が300nm以下であることを特徴とする請求項4記載の金属微細構造体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はマイクロマシンなどに使用する金属微細構造体の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】精度のよい金属微細構造体を大量に製造する場合、LIGA (Lithographie Galvanoformung Abformung) プロセスは有用である。X線の中でも相対的に高いSR光を用いるLIGAプロセスはディープナリ

ソグラフィが可能であり、また、数100 μ mの高さの構造体をミクロン領域の精度で加工することができ、さらに、高いアスペクト比を有する金属微細構造体を容易に製造することができるなどの特徴を有するため、広範な分野での応用が期待されている。

【0003】LIGAプロセスは、リソグラフィ、電鍍などのメッキおよびモールドを組合わせた加工技術である。LIGAプロセスによれば、たとえば導電性基板上にレジスト膜を形成した後、所定の形状パターンを有する吸収体マスクを介してSR光を照射し、このようなリソグラフィにより吸収体マスクの形状パターンに応じたレジスト構造体(樹脂型)を形成し、このレジスト構造体の空孔部を電鍍することにより金属微細構造体を得られる。また、電鍍をさらに進めて得られた高精度の金属微細構造体を金型として用い、射出成形などのモールドにより樹脂製の微細成形品を得ることもできる。たとえば、特開2002-217461号公報には、LIGAプロセスにより金属微細構造体である金型を製造し、微細成形品を製造する方法が開示されている(特許文献1参照)。

【0004】

【特許文献1】特開2002-217461号公報
([0018]～[0028])

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、リソグラフィを利用して金属微細構造体を製造する場合、1回のリソグラフィにより1枚のレジスト構造体(樹脂型)しか得られないため大量生産には不向きであるという問題があった。一方、樹脂型に電鍍をして金属微細構造体を製造する場合は、樹脂型を導電性基板上に接着剤などによって精度良く堅固に固定しておかなければ、その後の工程において樹脂型と導電性基板との間で寸法の変化あるいは剥離が生じる結果、製品の精度が落ちたり、製品にならなかったりするという問題があった。また、製品の精度と不良品の問題を解決するために、樹脂型を導電性基板に通常の接着剤を用いて固定した場合、樹脂型積層体の空孔部に接着剤が残っていると、電鍍ができなかったり不十分になったりして、電鍍により形成される金属層にムラが生じるという問題があった。さらに、樹脂型積層体の空孔部に残っている接着剤を除去する目的で、樹脂型積層体の全体をエッチングしようすると、それに伴って樹脂型自体も一定のダメージを被るという問題があった。

【0006】本発明の課題は、樹脂型を用いた金属微細構造体の製造方法であって、樹脂型のダメージが少ない穏和な条件を設定することができ、均一な電鍍により精度の高い金属微細構造体を大量に得ることができる製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の金属微細構造体

(3)

特開2003-200396

の製造方法は、紫外線または可視光線により化学組成が変化する感光性ポリマを介して、厚さ方向に貫通した空孔部を有する樹脂型を導電性基板上に固定し樹脂型積層体を形成する工程、樹脂型積層体を紫外線または可視光線により露光する工程、樹脂型の空孔部に存在する感光後の感光性ポリマを除去する工程、および樹脂型積層体の空孔部を電鍍により金属で埋める工程を有する。

【0008】感光後の感光性ポリマの除去を溶剤により行なうときは、未感光の感光性ポリマおよび樹脂型材料に対する溶解度が感光後の感光性ポリマに対する溶解度より小さい溶剤を用いることが好ましい。また、感光後の感光性ポリマの除去をドライエッチングにより行なうときは、樹脂型材料に対するエッチング速度が感光後の感光性ポリマに対するエッチング速度より小さいエッチングガスを用いることが好ましい。

【0009】導電性基板上に固定する樹脂型は、吸収および反射により紫外線または可視光線の95%以上を遮断するものが好ましい。このような樹脂型としては、導電性基板上に固定する底面と、底面の反対側にある天面とのうち、両面または片面が、紫外線または可視光線を吸収する材料で覆われている態様、樹脂型が紫外線または可視光線を吸収する材料を含有している態様、または樹脂型の天面が、紫外線または可視光線が垂直入射しないように傾斜し、凹凸を有する態様が好ましい。露光に際しては、波長が300nm以下の紫外線を使用することが好ましい。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明の金属微細構造体の製造方法は、樹脂型を感光性ポリマにより導電性基板上に固定して樹脂型積層体を形成する工程と、露光する工程と、感光後の感光性ポリマを除去する工程と、樹脂型積層体の空孔部に金属を埋める工程とを有する。

【0011】本発明の金属微細構造体の製造方法について、図1(a)～(g)に、一実施の形態を概略的に示す。

【0012】樹脂型を感光性ポリマを介して導電性基板上に固定して樹脂型積層体を形成する工程では、図1(a)に示すとおり、導電性基板11上に厚さ数 μm の感光性ポリマ層12をスピンコートなどにより形成し、つぎに図1(b)に示すとおり、感光性ポリマ層12上に、厚さ方向に貫通した空孔部を有する樹脂型13を積層する。これにより樹脂型積層体2が形成される。感光性ポリマ層12は、導電性基板11と樹脂型13とを接着し、固定する機能を発揮する。導電性基板11と樹脂型13とを堅固に固定することにより、その後の工程での寸法変化による精度の低下あるいは導電性基板11と樹脂型13との剝離を抑えることができる。このように導電性基板上に感光性ポリマ層を形成した後、感光性ポリマ層上に樹脂型を固定する態様のほか、貫通した樹脂型の底面に感光性ポリマ層を形成し、この樹脂型を導電

性基板の上に固定する態様（図示していない。）をとることもできる。

【0013】感光性ポリマとしては、紫外線または可視光線により化学組成が変化するものを用いる。すなわち、紫外線または可視光線によって官能基が変化し、または、分解するなどの化学変化を起こし、溶媒に易溶化するなど、除去し易くなるポリマを使用する。本発明で特に感光性のものを用いるのは、露光により化学変化を起こさせ、除去しやすくすることにより、除去の条件を溫和にすることが可能となり、これに伴い、除去による樹脂型のダメージを少なくすることができるからである。同様に、感光性ポリマとして、紫外線（波長10nm～400nm）または可視光線の領域に吸収波長を持つものを用いるのは、紫外線や可視光線はX線などに比べて汎用性があり、またエネルギーが小さく、露光用の光源として、このようなエネルギーの小さいものを用いることにより樹脂型のダメージを抑えるためである。これらの光線の中では、容易に露光効率を高めることができる点で、波長が300nm以下の紫外線が好ましい。波長が300nm以下の紫外線は、たとえば、XeFランプ、または、300nmより長波長の光線を遮断するバンドパスフィルタを挿入した通常の水銀ランプにより得ることができる。これらの光源により、光源の強度にもよるが、数 mW/cm^2 の照度が得られる。

【0014】本発明に使用する感光性ポリマは、このような感光性を有するとともに、前述のとおり接着性を有し、導電性基板上に樹脂型を固定する機能を有する。このような感光性ポリマとしては具体的にはフェノール系樹脂、ノボラック樹脂があり、これらの中では感光後にアルカリ水溶液に可溶となる点で、キノンジアジド化合物を主成分とするものが好ましい。また、感光性ポリマ層の厚さは1～70 μm が好ましい。1 μm より薄いと十分な接着強度が得られず、一方70 μm より厚いと垂直な断面を得ることが難しくなるため、後で得られる金属微細構造体の導電性基板側を研磨などで部分的に除去する必要が生じる。

【0015】図1(a)には、導電性基板11を用いた例を示す。導電性基板の厚さは用途によって様々であり、数10 μm 程度の薄いものから、数mm以上の厚いものまであり、特に限定されるものではない。このような導電性基板11の材質としては、SUS、Al、Cuなどがある。また、導電性基板として、導電性を有しない基板の上に導電性層を形成した積層体（図示していない）を用いることもできる。具体的には、Si、ガラス、セラミックス、プラスチックなどからなる基板上に、Ti、Al、Cuなど、またはこれらの合金などからなる導電性層を真空蒸着、スパッタリング、メッキ、CVDなどにより形成したものを用いることができる。また、導電性を有する基板上に必要に応じて別種の金属薄膜を付することもできる。

【0016】感光性ポリマ層12を介して導電性基板11上に固定する樹脂型13は、厚さ方向に貫通した空孔部を有する(図1(b))。樹脂型は、次工程における紫外線または可視光線による露光に際して、吸収体マスクとしての機能を発揮し、空孔部の底にある感光性ポリマは露光させるが、樹脂型直下の感光性ポリマを保護するため、導電性基板と樹脂型との密着性が保持される。このような樹脂型の材料としては、ポリメチルメタクリレート、ポリプロピレン、ポリカーボネートなどがある。

【0017】樹脂型は、次工程の露光で使用する紫外線または可視光線から、樹脂型直下の感光性ポリマ層を保護する機能が大きい点で、吸収および反射により、紫外線または可視光線の95%以上を遮断するものが好ましい。かかる樹脂型を用いることにより、樹脂型の基板からの剥離を防止し、金属微細構造体の安定した製造が容易となる。

【0018】このような樹脂型としては、導電性基板上に固定する底面と、底面の反対側にある天面のうち、両面または片面が、紫外線または可視光線を吸収する材料で覆われている態様、樹脂型が紫外線または可視光線を吸収する材料を含有している態様、または樹脂型の天面が、紫外線または可視光線が垂直入射しないように傾斜し、乱反射しやすい凹凸を有する態様が好ましい。かかる態様を適宜組合せた樹脂型も有効であり、吸収に重きを置く態様、反射に重きを置く態様または吸収と反射の双方に重きを置く態様のいずれも含まれる。さらに、これらの態様は、樹脂型が薄いために吸収体マスクとしての機能を十分に果たさない場合においても有効である。

【0019】導電性基板上に固定する底面と、底面の反対側にある天面のうち、両面または片面が、紫外線または可視光線を吸収する材料で覆われている樹脂型においては、紫外線または可視光線を吸収する材料からなる層が遮光層として機能し、樹脂型直下の感光性ポリマが保護される。紫外線または可視光線を吸収する材料からなる層を、底面または天面に設ける場合には、底面に設ける方が効果的である。紫外線または可視光線を吸収する材料からなる層と感光性ポリマ層との距離が短いほど、紫外線または可視光線の回折による回り込みが少なくなり、樹脂型直下の感光性ポリマを保護する効果が大きくなる。紫外線または可視光線を吸収する材料としては、Al、Ti、Cu、Cr、Au、Ni、Agなどの金属、Cr₂O₃、WN(窒化タングステン)などの金属化合物、または、SiO₂、Al₂O₃、SiC、AlNなどのセラミックスを使用することができる。樹脂型の底面および天面に形成する方法は、スパッタ法、または蒸着法など種々方法を採用することができる。

【0020】樹脂型が、紫外線または可視光線を吸収する材料を含有する態様も、紫外線または可視光線を遮光し、樹脂型直下の感光性ポリマ層を保護する機能が大き

(4)

特開2003-200396

6

い点で好ましい。紫外線または可視光線を吸収する材料としては、前述の金属、金属化合物またはセラミックスを使用することができる。また、着色剤、紫外線吸収剤などを使用することもできる。さらに、紫外線または可視光線を吸収する材料を含有する樹脂型の態様には、樹脂型自体が、紫外線または可視光線を吸収する材料からなる態様も含まれる。前述のとおり、露光には、波長が300nm以下の紫外線を用いることが好ましいが、波長が300nm以下の紫外線を吸収する樹脂としては、たとえば、サンラッドUXC201(三洋化成社製)があり、サンラッドUXC201からなる樹脂型は、波長300nm以下の紫外線に対する吸収率が大きいので、樹脂型の厚さを薄くしても、95%以上の紫外線を容易に遮断することができる。このため、特に、樹脂型の底面または天面を紫外線吸収剤で覆ったり、天面を凹凸のある粗面としたり、また樹脂型中に紫外線吸収剤を添加しなくても、紫外線を容易に遮断することができ、樹脂型の厚さも薄くすることができる。

【0021】樹脂型の天面は、紫外線または可視光線が垂直入射しないように傾斜し、凹凸を有するものが好ましい。紫外線または可視光線が垂直入射しないように、樹脂型の天面を傾斜させることにより、反射する光量を大きくして、樹脂型直下の感光性ポリマの保護を強化することができる。反射する光量を大きくすることができれば、天面の傾斜角は、製造の容易性などを考慮して適宜調整することができる。一方、天面が凹凸のある粗面であると、乱反射により、樹脂型を透過する光量を減少させて、樹脂型直下の感光性ポリマを保護することができる。かかる粗面は、スパッタ法により形成することができる。また、サンドペーパーなどで機械的に加工することによっても形成することができる。乱反射により、透過する光量を効果的に低減するため、樹脂型の天面の表面粗さ(算術平均粗さRa)は1μm以上が好ましい。

【0022】露光工程では、紫外線または可視光線により樹脂型積層体を1分間~10分間照射して露光する。導電性基板上に感光性ポリマを塗布し、その上に樹脂型を貼り付けた場合には、図1(b)に示すとおり樹脂型積層体2の空孔部の底には感光性ポリマ層12aが存在している。一方、樹脂型の底面に感光性ポリマを塗布した後、樹脂型を導電性基板に固定した場合(図示していない)においても、固定後、余剰の感光性ポリマが樹脂型積層体の空孔部の底に流れ出している。本工程において樹脂型積層体を露光することにより、図1(c)に示すとおり、樹脂型13自体が吸収体マスクの機能を果たし、樹脂型積層体の空孔部の底にある感光性ポリマ12aは露光され、溶剤やドライエッチングにより除去されやすい化学組成からなるポリマ12cに変化する。

【0023】感光後のポリマを除去する工程は、溶剤により行なうこともでき、またドライエッチングにより行なうこともできる。樹脂型の空孔部の底にある感光後の

(5)

特開2003-200396

8

ポリマを除去した後の状態を図1(d)に示す。本工程により樹脂型積層体の空孔部に導電性基板のきれいな金属面が現れる。この結果、次工程における電鍍により樹脂型積層体の空孔部を金属で均一に埋めることができるようになり、精度の高い金属微細構造体を得ることができる。

【0024】感光後のポリマを溶剤により除去する工程では、樹脂型積層体の空孔部の底にある感光後のポリマをきれいに除去し、かつ樹脂型直下の未感光のポリマおよび樹脂型を保護するために、未感光のポリマおよび樹脂型材料に対する溶解度が感光後のポリマに対する溶解度より小さい溶剤(現像液)を用いることが好ましく、樹脂型材料に対する溶解度が感光後のポリマに対する溶解度の5質量%以下である溶剤がより好ましく、3質量%以下である溶剤が特に好ましい。たとえば感光性ポリマとしてフェノール系樹脂、ノボラック樹脂またはドライフィルムレジストを用いたときには、樹脂型に影響のない程度のアルカリ性を有する溶剤(現像液)を用いることが好ましい。具体的には、感光性ポリマとして東京応化製のPMER-P-1A100PMを用いたときは、エッチング液として東京応化製のPMER-P-7Gを用いることが好ましい。

【0025】感光後のポリマをドライエッチングにより除去する工程では、樹脂型積層体の空孔部の底にある感光後のポリマをきれいに除去し、かつ樹脂型を保護するために、樹脂型材料に対するエッチング速度が感光後のポリマに対するエッチング速度より小さいエッチングガスを用いることが好ましい。エッチング速度とは、エッチングガスの物理的、化学的効果により対象物を除去する速度をいう。樹脂型の材質としては、ポリプロピレンや多環芳香族系樹脂など、耐ドライエッチング性のある樹脂が好ましく、感光性ポリマが低分子量のフェノール系樹脂やノボラック樹脂であるときは、たとえばエッチングガスとして Ar 、 SF_6 、 O_2 、 CF_4 、または、これらの混合ガスが好ましい。

【0026】また、RFパワーを10~400Wとし、導電性基板を0~100℃に冷却してエッチングを行なうことが好ましい。導電性基板が高温であると、樹脂型直下の未感光のポリマや樹脂型も横方向のエッチングにより侵食される傾向がある。しかし、導電性基板を0~100℃の低温にすれば、樹脂型直下の未感光のポリマに対する侵食を抑制し、樹脂型の深さ方向のみを選択的にエッチングすることができるようになる。ドライエッチングは、作業工程数が少なく、ドライな工程であるために多数の洗浄工程などを必要としない点で、前述の溶剤により除去する方法に比べて有利である。

【0027】感光後のポリマを除去した後、電鍍により樹脂型積層体の空孔部に金属を埋める。金属を埋めた後の状態を図1(e)に示す。電鍍とは、金属イオン溶液

を用いて導電性基板上に金属層14を形成することをいう。金属層14を形成した後、研磨または研削により所定の厚さに揃える。得られた金属微細構造体は導電性基板をつけた状態で、たとえば回路基板などの用途に用いることができる。一方、導電性基板から取外して金属微細構造体のみを用いる場合には、以下の処理を行なう。

【0028】導電性基板上の樹脂型の除去は、酸素プラズマなどによるアッシングなどにより行なう。その結果、図1(f)に示す構造体を得られる。この構造体から導電性基板を取り外すことにより図1(g)に示す金属微細構造体1が得られる。この金属微細構造体1は、幅が数 μm ~数100 μm 、高さが数100 μm までの構造体であり、大きなアスペクト比を有する。また、複雑な構造体も製造することができ、部品の組立作業も不要である。先に示した樹脂型は、LIGAプロセスなどにより作成された金型を元に大量に複製でき、これに電鍍することにより金属微細構造体も大量に製造できる。

【0029】樹脂型の製造方法について、図2(a)~(d)に、一実施の形態を示す。凸部24を有する金型を図2(a)に示す。このような金型を用いて、図2(b)に示すとおり、射出成形などのモールドを行ない、凹部を有する樹脂型23を製造する。金型を除いた後の凹部を有する樹脂型23を図2(c)に示す。樹脂型の材質は、ポリメチルメタクリレート、ポリプロピレンまたはポリカーボネートなどである。凹部を有する樹脂型は、射出成形などのモールド以外に、熱硬化または光硬化により製造してもよい。樹脂型の材質は、アクリル系樹脂またはエポキシ系樹脂などである。樹脂型23を研磨すると、図2(d)に示す厚さ方向に貫通した樹脂型23aが得られる。また、樹脂型の研磨は、樹脂型を導電性基板に接着してから行なうこともできる。

【0030】今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【0031】

【発明の効果】本発明によれば、樹脂型を用いて、樹脂型のダメージが少ない温和な製造条件により精度の高い金属微細構造体を大量に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の金属微細構造体の製造方法を示す工程図である。

【図2】 樹脂型の製造方法を示す工程図である。

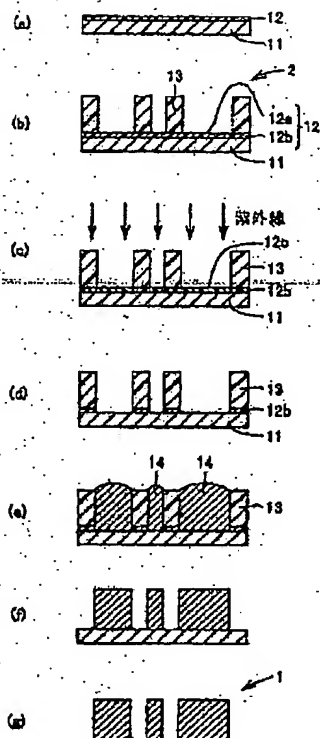
【符号の説明】

1 金属微細構造体、2 樹脂型積層体、11 導電性基板、12 感光性ポリマ層、13 樹脂型、14 金属層、24 凸部。

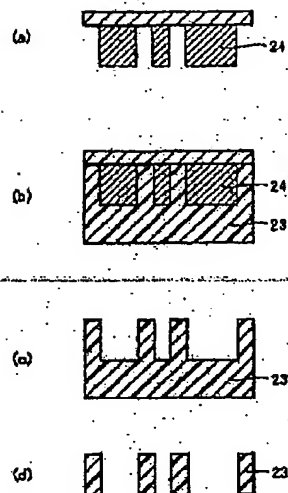
(6)

特開2003-200396

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72) 発明者 羽賀 剛
兵庫県赤穂郡上郡町光部3丁目12番1号
住友電気工業株式会社播磨研究所内

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-200396

(43)Date of publication of application : 15.07.2003

(51)Int.Cl.

B81C 1/00
G25D 1/00

(21)Application number : 2002-295077

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 08.10.2002

(72)inventor : YODA JUN
HIRATA YOSHIHIRO
HAGA TAKESHI

(30)Priority

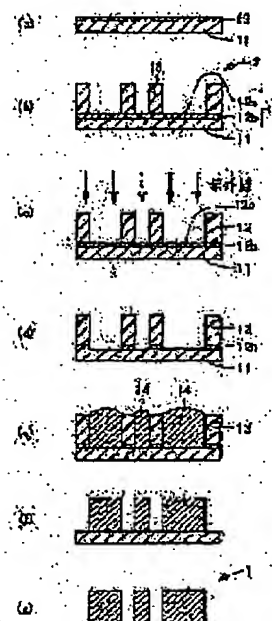
Priority number : 2001330652 Priority date : 29.10.2001 Priority country : JP

(54) MANUFACTURING METHOD FOR METAL MICROSTRUCTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To a method of manufacturing metal micro structures using resin molds for setting a moderate processing condition less damaging the resin molds and for manufacturing a lot of precise metal microstructures by uniform electroforming.

SOLUTION: The manufacturing method for the metal microstructures according to the present invention comprises a step of fixing the resin molds having through-hole portions in a thickness direction on an electroconductive base via photosensitive polymer with a chemical composition varying by ultraviolet ray or visible ray to form a resin mold layered body, a step of exposing the resin mold layered body to ultraviolet ray or visible ray, a step of removing the photosensitive polymer existing in the hole portions of the resin molds after exposure, and a step of filling up the hole portions of the resin mold layered body with metal by electroforming.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.06.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 28.06.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2005-14363

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 27.07.2005

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The manufacture approach of a metal fine structure object of having the process which fixes the plastic pattern which has the hole section penetrated in the thickness direction on a conductive substrate through the photosensitive polymer from which chemical composition changes with ultraviolet rays or visible rays, and forms a plastic-pattern layered product, the process which expose said plastic-pattern layered product by ultraviolet rays or the visible ray, the process which remove the photosensitive polymer after the sensitization which exists in the hole section of said plastic pattern, and the process which bury the hole section of said plastic-pattern layered product by the metal by electrocasting.

[Claim 2] The manufacture approach of the metal fine structure object according to claim 1 characterized by removing using a solvent smaller than the solubility to the photosensitive polymer after the solubility to non-exposed photosensitive polymer and resin die materials exposing in the process which removes the photosensitive polymer after the

sensitization which exists in the hole section of said plastic pattern.

[Claim 3] The manufacture approach of the metal fine structure object according to claim 1 characterized by carrying out dry etching using etching gas smaller than the etch rate to the photosensitive polymer after the etch rate to resin die materials exposing in the process which removes the photosensitive polymer after the sensitization which exists in the hole section of said plastic pattern.

[Claim 4] Said plastic pattern is the manufacture approach of the metal fine structure object according to claim 1 characterized by intercepting said ultraviolet rays or 95% or more of a visible ray by absorption and echo.

[Claim 5] Said plastic pattern is the manufacture approach of a metal fine structure object according to claim 4 that the inside, both sides, or one side of the base fixed on a conductive substrate and the top panel in the opposite hand of this base is characterized by being covered with the ingredient which absorbs said ultraviolet rays or visible ray.

[Claim 6] Said plastic pattern is the manufacture approach of the metal fine structure object according to claim 4 characterized by containing the ingredient which absorbs said ultraviolet rays or visible ray.

[Claim 7] The top panel of said plastic pattern is the manufacture approach of the metal fine structure object according to claim 4 characterized by inclining so that said ultraviolet rays or visible ray may not carry out vertical incidence, and having irregularity.

[Claim 8] Said ultraviolet rays are the manufacture approaches of the metal fine structure object according to claim 4 characterized by wavelength being 300nm or less.

[Translation done.] * NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the manufacture approach of the metal fine structure object used for a micro machine etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] When manufacturing an accurate metal fine structure object to a large quantity, the LIGA (Lithographie Galvanoformung Abformung) process is useful. Also in the X-ray, deep lithography is possible for the LIGA process using directive high SR light, and the structure of the height which is several 100 micrometers is processible with the precision of a micron field, and since it has the description of being able to manufacture easily the metal fine structure object which has a still higher aspect ratio, application in an extensive field is expected.

[0003] A LIGA process is the processing technique which combined plating and the mould of lithography, electrocasting, etc. According to the LIGA process, after forming the resist film, for example on a conductive substrate, SR light is irradiated through the absorber mask

which has a predetermined configuration pattern, the resist structure (plastic pattern) according to the configuration pattern of an absorber mask is formed with such lithography, and a metal fine structure object is acquired by electroforming the hole section of this resist structure. Moreover, the detailed mold goods made of resin can also be obtained by moulds, such as injection molding, using the metal fine structure object of the high degree of accuracy acquired by advancing electrocasting further as metal mold. For example, the method of manufacturing the metal mold which is a metal fine structure object according to a LIGA process, and manufacturing detailed mold goods is indicated by JP,2002-217461,A (patent reference 1 reference).

[0004]

[Patent reference 1] JP,2002-217461,A ([0018] - [0028])

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when a metal fine structure object was manufactured using lithography, since only the resist structure (plastic pattern) of one sheet was obtained by 1 time of lithography, there was a problem of being unsuitable in mass production method. As a result of change or exfoliation of a dimension arising between a plastic pattern and a conductive substrate in a subsequent process on the other hand if a plastic pattern is not strongly fixed with a sufficient precision with adhesives etc. on the conductive substrate when carrying out electrocasting to a plastic pattern and manufacturing a metal fine structure object, there was a problem that the precision of a product did not fall or it did not become a product. Moreover, in order to solve the precision of a product, and the problem of a defective, when the usual adhesives were used for a conductive substrate, a plastic pattern was fixed to it and adhesives remained in the hole section of a plastic-pattern layered product, electrocasting was not completed, or it became imperfection and the problem that nonuniformity arose was in

the metal layer formed of electrocasting. Furthermore, when it was going to etch the whole plastic-pattern layered product in order to remove the adhesives which remain in the hole section of a plastic-pattern layered product, there was a problem that the plastic pattern itself wore a fixed damage according to it.

[0006] The technical problem of this invention is the manufacture approach of a metal fine structure object of having used the plastic pattern, and the damage of a plastic pattern can set up few mild conditions, and is to offer the manufacture approach that a metal fine structure object with a high precision can be acquired to a large quantity by uniform electrocasting.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The manufacture approach of the metal fine structure object of this invention has the process which fixes the plastic pattern which has the hole section penetrated in the thickness direction on a conductive substrate through the photosensitive polymer from which chemical composition changes with ultraviolet rays or visible rays, and forms a plastic-pattern layered product, the process which expose a plastic-pattern layered product by ultraviolet rays or the visible ray, the process which remove the photosensitive polymer after the sensitization which exists in the hole section of a plastic pattern, and the process which bury the hole section of a plastic-pattern layered product by the metal by electrocasting.

[0008] When a solvent removes the photosensitive polymer after sensitization, it is desirable to use a solvent smaller than the solubility to the photosensitive polymer after the solubility to non-exposed photosensitive polymer and resin die materials exposing. Moreover, when dry etching removes the photosensitive polymer after sensitization, it is desirable to use etching gas smaller than the etch rate to the photosensitive polymer after the etch rate to resin die materials exposing.

[0009] As for the plastic pattern fixed on a conductive substrate, what intercepts ultraviolet rays or 95% or more of a visible ray by absorption and echo is desirable. The mode which the top panel of the mode covered with the ingredient with which the inside, both sides, or one side of the base fixed on a conductive substrate as such a plastic pattern and the top panel in an opposite hand at the bottom absorbs ultraviolet rays or a visible ray, the mode containing the ingredient with which a plastic pattern absorbs ultraviolet rays or a visible ray, or a plastic pattern inclines so that ultraviolet rays or a visible ray may not carry out vertical incidence, and has irregularity is desirable. It is desirable that wavelength uses ultraviolet rays 300nm or less on the occasion of exposure.

[0010]

[Embodiment of the Invention] The manufacture approach of the metal fine structure object of this invention has the process which fixes a plastic pattern on a conductive substrate by photosensitive polymer, and forms a plastic-pattern layered product, the process to expose, the process which removes the photosensitive polymer after sensitization, and the process which buries a metal in the hole section of a plastic-pattern layered product.

[0011] About the manufacture approach of the metal fine structure object of this invention, the gestalt of 1 operation is roughly shown in drawing 1 (a) - (g).

[0012] At the process which fixes a plastic pattern on a conductive substrate through photosensitive polymer, and forms a plastic-pattern layered product, the photosensitive polymer layer 12 with a thickness of several micrometers is formed with a spin coat etc. on the conductive substrate 11 as shown in drawing 1 (a), and the laminating of the plastic pattern 13 which has the hole section penetrated in the thickness direction on the photosensitive polymer layer 12 is carried out as shown

in drawing 1 (b) below. Thereby, the plastic-pattern layered product 2 is formed. The photosensitive polymer layer 12 pastes up the conductive substrate 11 and a plastic pattern 13, and demonstrates the function to fix. By fixing the conductive substrate 11 and a plastic pattern 13 strongly, lowering of the precision by the dimensional change in a subsequent process or exfoliation with the conductive substrate 11 and a plastic pattern 13 can be suppressed. Thus, after forming a photosensitive polymer layer on a conductive substrate, a photosensitive polymer layer can be formed in the base of the penetrated plastic pattern besides the mode which fixes a plastic pattern on a photosensitive polymer layer, and the mode (not shown) which fixes this plastic pattern on a conductive substrate can also be taken.

[0013] As photosensitive polymer, that from which chemical composition changes with ultraviolet rays or visible rays is used. That is, the polymer from which a functional group changes with ultraviolet rays or visible rays, or it becomes easy to remove the chemical change of decomposing making it easily dissolvable to a lifting and a solvent etc. is used. It is because it becomes possible [making the conditions of clearance mild by making it easy to make cause by exposure a chemical change and remove] to use a photosensitive thing especially by this invention and the damage of the plastic pattern by clearance can be lessened in connection with this. Similarly, what has absorption wavelength in the field of ultraviolet rays (wavelength of 10nm - 400nm) or a visible ray is used for stopping the damage of a plastic pattern as photosensitive polymer by using a thing with energy ultraviolet rays and a visible ray being flexible compared with an X-ray etc.; and small [a visible ray], and such energy small as the light source for exposure. Ultraviolet rays 300nm or less have desirable wavelength at the point which can raise exposure effectiveness easily in these beams of light. Wavelength can acquire ultraviolet rays 300nm or less with for example,

a XeF lamp or the usual mercury lamp which inserted the band pass filter which intercepts the beam of light of long wavelength from 300nm. Although these light sources twist also about the reinforcement of the light source, the illuminance of several mW/cm² is obtained.

[0014] The photosensitive polymer used for this invention has an adhesive property as above-mentioned, and has the function which fixes a plastic pattern on a conductive substrate while it has such photosensitivity. As such a photosensitive polymer, there are specifically phenol system resin and novolak resin, in these, it is the point which becomes meltable in an alkali water solution after sensitization, and what uses a quinone diazide compound as a principal component is desirable. Moreover, the thickness of a photosensitive polymer layer has desirable 1-70 micrometers. If thinner than 1 micrometer, sufficient bond strength will not be obtained, but since it will become difficult to obtain a vertical cross section on the other hand if thicker than 70 micrometers, it will be necessary to remove selectively the conductive substrate side of the metal fine structure object acquired later by polish etc.

[0015] The example which used the conductive substrate 11 is shown in drawing 1 (a). The thickness of a conductive substrate is various, there is from about several 10-micrometer thin thing to a thick thing several mm or more, and it is not especially limited by the application. There are SUS, aluminum, Cu, etc. as construction material of such a conductive substrate 11. Moreover, the layered product (not shown) which formed the conductive layer as a conductive substrate on the substrate which does not have conductivity can also be used. Specifically, Ti, aluminum, Cu, etc. can use what formed the conductive layer which consists of these alloys etc. by vacuum deposition, sputtering, plating, CVD, etc. on the substrate which consists of Si, glass, ceramics, plastics, etc. Moreover, ***** which attaches the

metal thin film of another kind if needed on the substrate which has conductivity is also made.

[0016] The plastic pattern 13 fixed on the conductive substrate 11 through the photosensitive polymer layer 12 has the hole section penetrated in the thickness direction (drawing 1 (b)). A plastic pattern demonstrates the function as an absorber mask on the occasion of exposure by the ultraviolet rays or the visible ray in degree process, and although the photosensitive polymer at the bottom of the hole section is made to expose, in order to protect the photosensitive polymer directly under a plastic pattern, the adhesion of a conductive substrate and a plastic pattern is held. There are polymethylmethacrylate, polypropylene, a polycarbonate, etc. as an ingredient of such a plastic pattern.

[0017] That [a plastic pattern's] to which the function to protect the photosensitive polymer layer directly under a plastic pattern is a large point, and intercepts ultraviolet rays or 95% or more of a visible ray by absorption and echo from the ultraviolet rays used by exposure of degree process or a visible ray is desirable. By using this plastic pattern, the exfoliation from the substrate of a plastic pattern is prevented and the manufacture by which the metal fine structure object was stabilized becomes easy.

[0018] The mode which has the irregularity which the top panel of the mode covered with the ingredient with which both sides or one side absorbs ultraviolet rays or a visible ray as such a plastic pattern among the base fixed on a conductive substrate and the top panel in an opposite hand at the bottom, the mode containing the ingredient with which a plastic pattern absorbs ultraviolet rays or a visible ray, or a plastic pattern inclines so that ultraviolet rays or a visible ray may not carry out vertical incidence, and it tends to reflect irregularly is desirable. The plastic pattern which combined this mode suitably is also effective, and all of the mode which puts weight on the mode which puts weight on

absorption, the mode which puts weight on an echo, or the both sides of absorption and an echo are contained. Furthermore, since these modes have the thin plastic pattern, when fully not achieving the function as an absorber mask, they are effective.

[0019] The layer which consists of an ingredient with which both sides or one side absorbs ultraviolet rays or a visible ray in the plastic pattern covered with the ingredient which absorbs ultraviolet rays or a visible ray among the base fixed on a conductive substrate and the top panel in an opposite hand at the bottom functions as a protection-from-light layer, and the photosensitive polymer directly under a plastic pattern is protected. It is more effective to prepare it in a base, when preparing the layer which consists of an ingredient which absorbs ultraviolet rays or a visible ray in a base or a top panel. The surroundings lump depended on diffraction of ultraviolet rays or a visible ray decreases, and the effectiveness of protecting the photosensitive polymer directly under a plastic pattern becomes large, so that the distance of the layer and photosensitive polymer layer which consist of an ingredient which absorbs ultraviolet rays or a visible ray is short. As an ingredient which absorbs ultraviolet rays or a visible ray, ceramics, such as metallic compounds, such as metals, such as aluminum, Ti, Cu, Cr, Au, nickel, and Ag, Cr_2O_3 , and WN (nitriding tungsten), or SiO_2 and aluminum 2O_3 , and SiC, AlN, can be used. An approach can be variously used for the approach of forming in the base and top panel of a plastic pattern for a spatter or vacuum deposition.

[0020] The function in which the mode in which a plastic pattern contains the ingredient which absorbs ultraviolet rays or a visible ray also shades ultraviolet rays or a visible ray, and protects the photosensitive polymer layer directly under a plastic pattern is desirable at a large point. As an ingredient which absorbs ultraviolet rays or a visible ray, a metal, above-mentioned metallic compounds, or the

above-mentioned ceramics can be used. Moreover, a coloring agent, an ultraviolet ray absorbent, etc. can also be used. Furthermore, the mode which the plastic pattern itself becomes from the ingredient which absorbs ultraviolet rays or a visible ray is also contained in the mode of the plastic pattern containing the ingredient which absorbs ultraviolet rays or a visible ray. Although it is desirable as above-mentioned that wavelength uses ultraviolet rays 300nm or less for exposure, since the absorption coefficient over ultraviolet rays with a wavelength of 300nm or less is large, even if the plastic pattern which San Rudd UXC201 (made in [shrine] formation [Mitsuhiro]) has, and consists of San Rudd UXC201, for example as resin with which wavelength absorbs ultraviolet rays 300nm or less makes thickness of a plastic pattern thin, it can intercept easily 95% or more of ultraviolet rays. For this reason, even if do not cover the base or top panel of a plastic pattern with an ultraviolet ray absorbent especially, it does not make a top panel into an irregular split face and it does not add an ultraviolet ray absorbent in a plastic pattern, ultraviolet rays can be intercepted easily and thickness of a plastic pattern can also be made thin.

[0021] As for the top panel of a plastic pattern, what inclines so that ultraviolet rays or a visible ray may not carry out vertical incidence, and has irregularity is desirable. By making the top panel of a plastic pattern incline, the quantity of light to reflect can be enlarged and protection of the photosensitive polymer directly under a plastic pattern can be strengthened so that ultraviolet rays or a visible ray may not carry out vertical incidence. If the quantity of light to reflect can be enlarged, the tilt angle of a top panel can be suitably adjusted in consideration of the ease of manufacture etc. On the other hand, a top panel can decrease the quantity of light which penetrates a plastic pattern by scattered reflection as it is an irregular split face, and can protect the photosensitive polymer directly under a plastic pattern. This split face

can be formed by the spatter. Moreover, it can form also by processing it mechanically with abrasive paper etc. In order to reduce the quantity of light to penetrate effectively by scattered reflection, the surface roughness (arithmetic mean granularity Ra) of the top panel of a plastic pattern has desirable 1 micrometers or more.

[0022] At an exposure process, a plastic-pattern layered product is irradiated for [for / 1 minute / -] 10 minutes by ultraviolet rays or the visible ray, and it exposes. When photosensitive polymer is applied on a conductive substrate and a plastic pattern is stuck on it, photosensitive polymer layer 12a exists in the bottom of the hole section of the plastic-pattern layered product 2 as shown in drawing 1 (b). On the other hand, after applying photosensitive polymer to the base of a plastic pattern, when a plastic pattern is fixed to a conductive substrate (not shown), excessive photosensitive polymer is flowing into the bottom of the hole section of a plastic-pattern layered product after immobilization. Plastic-pattern 13 the very thing achieves the function of an absorber mask, and photosensitive polymer 12a at the bottom of the hole section of a plastic-pattern layered product is exposed, and changes to polymer 12c which consists of chemical composition which is easy to be removed by the solvent or dry etching as by exposing a plastic-pattern layered product in this process shows to drawing 1 (c).

[0023] A solvent can also perform the process which removes the polymer after sensitization, and dry etching can also perform it. The condition after removing the polymer after sensitization at the bottom of the hole section of a plastic pattern is shown in drawing 1 (d). The metal side where a conductive substrate is beautiful appears in the hole section of a plastic-pattern layered product according to this process. Consequently, the hole section of a plastic-pattern layered product can be fill uped now with a metal to homogeneity by electrocasting in degree process, and a metal fine structure object with a high precision can be

acquired.

[0024] At the process removed with a solvent, the polymer after sensitization In order to remove finely the polymer after sensitization at the bottom of the hole section of a plastic-pattern layered product and to protect the polymer and plastic pattern which are not exposed directly under a plastic pattern It is desirable to use a solvent (developer) smaller than the solubility to the polymer after the solubility to non-exposed a polymer and resin die materials exposing. The solvent which is below 5 mass % of the solubility to the polymer after the solubility to resin die materials exposing is more desirable, and especially the solvent that is below 3 mass % is desirable. For example, when phenol system resin, novolak resin, or a dry film resist is used as photosensitive polymer, it is desirable to use the solvent (developer) which has the alkalinity of extent which does not have effect in a plastic pattern. concrete -- as photosensitive polymer -- Tokyo -- PMER made from adaptation the time of using P-LA100PM -- as an etching reagent -- Tokyo -- PMER made from adaptation It is desirable to use P-7G.

[0025] In order to remove finely the polymer after sensitization at the bottom of the hole section of a plastic-pattern layered product at the process which removes the polymer after sensitization by dry etching and to protect a plastic pattern, it is desirable to use etching gas smaller than the etch rate to the polymer after the etch rate to resin die materials exposing. An etch rate means the rate which removes an object according to the physical and chemical effectiveness of etching gas. As construction material of a plastic pattern, resin with dry etching-proof nature, such as polypropylene and polycyclic aromatic series system resin, is desirable, and when photosensitive polymer is phenol system resin and novolak resin of low molecular weight, Ar, SF₆, O₂, CF₄, or these mixed gas is desirable as etching gas.

[0026] Moreover, it is desirable to set RF power to 10-400W, and to etch

by cooling a conductive substrate at 0--100 degree C. The polymer and plastic pattern which are not exposed [be / a conductive substrate / an elevated temperature] directly under a plastic pattern also have the inclination eaten away by lateral etching. However, if a conductive substrate is made into 0--100 degree C low temperature, the pervasion to the polymer which is not exposed directly under a plastic pattern can be controlled, and only the depth direction of a plastic pattern can be etched selectively. Dry etching has few routings, and since it is a dry process, it is the point which does not need many washing processes etc., and it is advantageous compared with the approach of removing with the above-mentioned solvent.

[0027] After removing the polymer after sensitization, a metal is buried in the hole section of a plastic-pattern layered product by electrocasting. The condition after burying a metal is shown in drawing 1 (e). Electrocasting means forming the metal layer 14 on a conductive substrate using a metal ion solution. After forming the metal layer 14, step is kept with predetermined thickness by polish or grinding. The acquired metal fine structure object can be used for applications, such as the circuit board, where a conductive substrate is attached. On the other hand, in demounting from a conductive substrate and using only a metal fine structure object, it performs the following processings.

[0028] Ashing by the oxygen plasma etc. performs clearance of the plastic pattern on a conductive substrate. Consequently, the structure shown in drawing 1 (f) is obtained. The metal fine structure object 1 shown in drawing 1 (g) is acquired by removing a conductive substrate from this structure. Several micrometers - 100 micrometers of numbers, and height are the structures to several 100 micrometers, and, as for this metal fine structure object 1, width of face has a big aspect ratio. Moreover, the complicated structure can also be manufactured and the assembly operation of components is also unnecessary. The plastic

pattern shown previously can be reproduced to a large quantity based on the metal mold created by the LIGA process etc., and can also manufacture a metal fine structure object to a large quantity by electroforming to this.

[0029] About the manufacture approach of a plastic pattern, the gestalt of 1 operation is shown in drawing 2 (a) - (d). The metal mold which has heights 24 is shown in drawing 2 (a). Moulds, such as injection molding, are performed and the plastic pattern 23 which has a crevice is manufactured as shown in drawing 2 (b) using such metal mold. The plastic pattern 23 which has the crevice after removing metal mold is shown in drawing 2 (c). The construction material of a plastic pattern is polymethylmethacrylate, polypropylene, or a polycarbonate. The plastic pattern which has a crevice may be manufactured by heat curing or photo-curing in addition to moulds, such as injection molding. The construction material of a plastic pattern is acrylic resin or epoxy system resin. Polish of a plastic pattern 23 obtains plastic-pattern 23a penetrated in the thickness direction shown in drawing 2 (d). Moreover, polish of a plastic pattern can also be performed after pasting up a plastic pattern on a conductive substrate.

[0030] It should be thought that the gestalt and example of operation which were indicated this time are [no] instantiation at points, and restrictive. The range of this invention is shown by the above-mentioned not explanation but claim, and it is meant that all modification in a claim, equal semantics, and within the limits is included.

[0031]

[Effect of the Invention] According to this invention, the damage of a plastic pattern can manufacture a metal fine structure object with a high precision to a large quantity according to few mild manufacture conditions using a plastic pattern.

[Translation done.] * NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any

damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is process drawing showing the manufacture approach of the metal fine structure object of this invention.

[Drawing 2] It is process drawing showing the manufacture approach of a plastic pattern.

[Description of Notations]

1 A metal fine structure object, 2 A plastic-pattern layered product, 11 A conductive substrate, 12 A photosensitive polymer layer, 13 A plastic pattern, 14 A metal layer, 24 Heights.

[Translation done.]

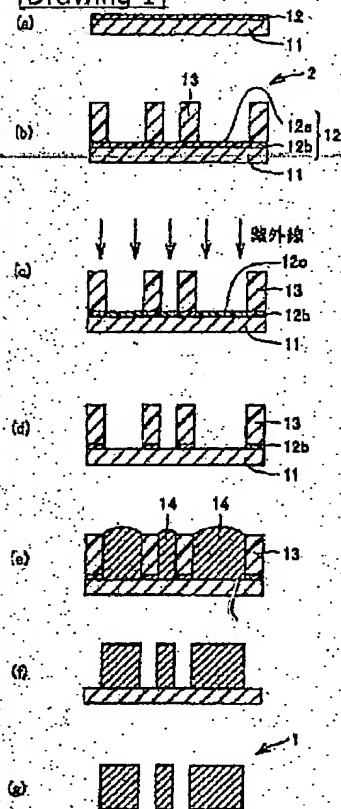
* NOTICES *

JPO and NCIPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

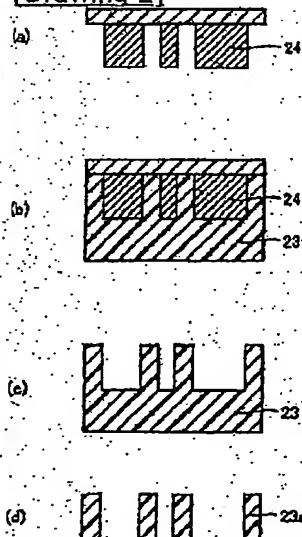
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]



[Drawing 2]



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☒ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.